

El modelado e impresión 3D, la tecnología de la industria 4.0

Alexa Nicolle Rodríguez Herrera*

Resumen

El presente trabajo busca caracterizar los desarrollos sobre la impresión 3D. Para ello se abordan las temáticas y estudios hechos para la construcción de estas máquinas, como también su paso por la variedad de funcionalidades y campos de aplicación, considerando que es una tecnología cambiante a través de los años, gracias al desarrollo del modelado y diseño en las tres dimensiones. Se analizan los métodos de impresión para partes y montajes de materiales con diferentes características físicas o mecánicas, contando con la precisión de los acabados en figuras tridimensionales que se han extendido en los campos de la mecánica, biomecánica, robótica y demás. Por otro lado, se hace énfasis en la literatura relacionada con los avances en este campo, además de observar la importancia que ha cobrado actualmente en el desarrollo de nuevas técnicas de fabricación.

Abstract

The purpose of this work is to characterize the developments on 3D printing. In order to do so, it is addressed the thematic bases and studies made for the construction of the machines, as well as its passage through the variety of functionalities and fields of application, considering that it is a changing technology through the years, thanks to the development of modeling and design in three dimensions. Also, it is inquired the printing methods for parts and assemblies of materials with different physical or mechanical characteristics, highlighting the precision of the finishes in three-dimensional figures that have spread in the fields of mechanics, biomechanics, robotics and others. On the other hand, emphasis is placed on literature related with the central theme in terms of advances, in addition to observe the importance that it has currently acquired in the development of new manufacturing techniques.

Cómo citar este artículo

(APA): Rodríguez Herrera, A. (2019). El modelado e impresión 3D, la tecnología de la industria 4.0. *Hashtag*, (15), 87-99

> Palabras clave:

diseño por ordenador, fabricación asistida por computador, impresión, mecánica, tecnología

> Keywords:

Computer Aided Design, Computer Aided Manufacturing, Mechanics, Printing, Technology

* Ingeniería Mecatrónica. Fundación Universitaria Agraria de Colombia – Uniagraria. Contacto: rodriguez.alex@uniagraria.edu.co

Introducción

Al estudiar las técnicas de impresión, se puede determinar que el ser humano ha buscado la manera de imprimir letras y figuras con técnicas básicas como la xilografía, en la que se graban figuras sobre madera. Luego, este proceso se realizó en papel, e incluso en materiales para hacer floreros o recipientes para cocinar. Estos son los inicios de la impresión. Pero, desde 1983, se le dio un enfoque distinto: hacia el futuro, hacia el aprovechamiento del plano tridimensional, con la creación del primer modelo de impresora 3D, a través de la estereolitografía.

Son evidentes los cambios que les han proporcionado a las personas la llegada de la industria

4.0, como las mejoras u optimización de sus actividades, que usan un modelo de vida más innovador, sostenible y productivo. Con este cambio, se dio inicio a una revolución en el sistema de impresión, dada su utilidad en la creación de piezas tanto para decoración, o estructuras, así como para aquellas con un enfoque funcional, por ejemplo, para hacer prótesis inteligentes, engranajes de máquinas, herramientas, entre muchas otras, con materiales sintéticos o biológicos (López, 2019). En ese contexto, la importancia de este estudio radica en analizar los nuevos límites que ingenieros, científicos e investigadores se han propuesto.

Metodología

El presente documento presenta una investigación de tipo descriptiva, que busca definir los conceptos, metodologías, usos y alcance de la impresión 3D con perspectivas futuras. Este objetivo se logra mediante el seguimiento a su evolución a través de los años, desde su invención, a través de la búsqueda del tema, síntesis de fuentes de información, selección cuidadosa, y análisis de los artículos, conceptos, y publicaciones encontrados. Para la búsqueda de la información se utilizaron criterios de búsqueda como "impresión 3D", "engranes impresos en

3D", "impresoras modernas", "modelado en tres dimensiones", "evolución del CAD", entre otras. En cuanto a las fuentes de información, se usaron fuentes primarias y secundarias, consultadas a través del sistema de información de la biblioteca virtual de la Universidad Uniagria, en las plataformas de Virtual Pro, Proquest y eLibro Cátedra; y se usó Google Académico. Finalmente se realizó un análisis global de las temáticas de cada artículo y página web para así formular ciertas hipótesis y conclusiones.

Desarrollo

La idea de transformar un diseño de dos dimensiones en uno tridimensional fue un factor influyente para que se originara la impresión 3D. Hoy en día, con las tecnologías existentes en el entorno investigativo, es más sencillo llevar a cabo este proceso por la representación

matemática de superficies a través de la geometría, lo que se conoce como modelo 3D.

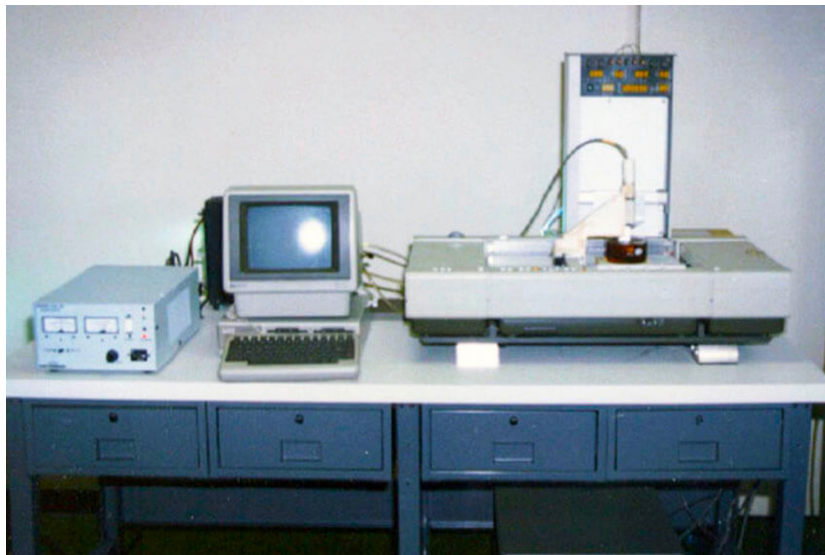
La fabricación digital se maneja actualmente mediante el diseño, programación y modulación con las herramientas CAD/CAM. Estas son

compatibles con los formatos necesarios para verlos a través de la pantalla como una imagen bidimensional o exportar e imprimir en este plano, por el renderizado 3D, como un objeto físico transmitido a una impresora 3D (Rua y otros, 2018; Jorquera, 2017).

Cuando en 1983 el famoso inventor Chuck Hull imprimió el primer modelo a partir del método de estereolitografía, en el que una resina fotosensible trabajaba con haces de luz ultravioleta y solidificaba el modelo, proporcionó las bases

a la nueva tecnología de impresión 3D. Tanto así que en 1986 obtuvo la patente y fundó su empresa llamada *3D Systems*. Un dato extra es que también hubo un grupo de investigadores franceses, conformado por Alain Le Méhauté, Olivier de Witte y Jean Claude André, que, junto con el japonés Hideo Kodama, tenían bases similares a las propuestas por Chuck, pero la falta de financiación impidió que el proyecto continuara (López, 2019).

Figura 1. Prototipo de la impresora SLA-1 de 3D Systems.



Fuente: López, 2019.

La impresión 3D funciona con el uso de software y hardware, que en conjunto crean la modelización digital con Diseño Asistido por Computador, CAD¹. Enseguida, se genera un archivo tipo STL² con información geométrica del modelo, en la que la impresora da el paso del diseño digital a la fabricación física, mediante una tarjeta de

memoria por conexión alámbrica o inalámbrica con el ordenador. El proceso continúa mediante la superposición de capas de forma ascendente, para luego continuar con el desplazamiento sobre el plano para formar la figura, dependiendo del material (Hiemenz, 2014).

1 *Computer Assited Desing*, por sus siglas en inglés

2 En español, *Formato estándar para el tipo de impresión tridimensional*

Figura 2. Diagrama de bloques para el control de sistema de impresión 3D.



Fuente: Torres, 2012

Figura 3. Secuencia en progreso de impresión de una pieza.

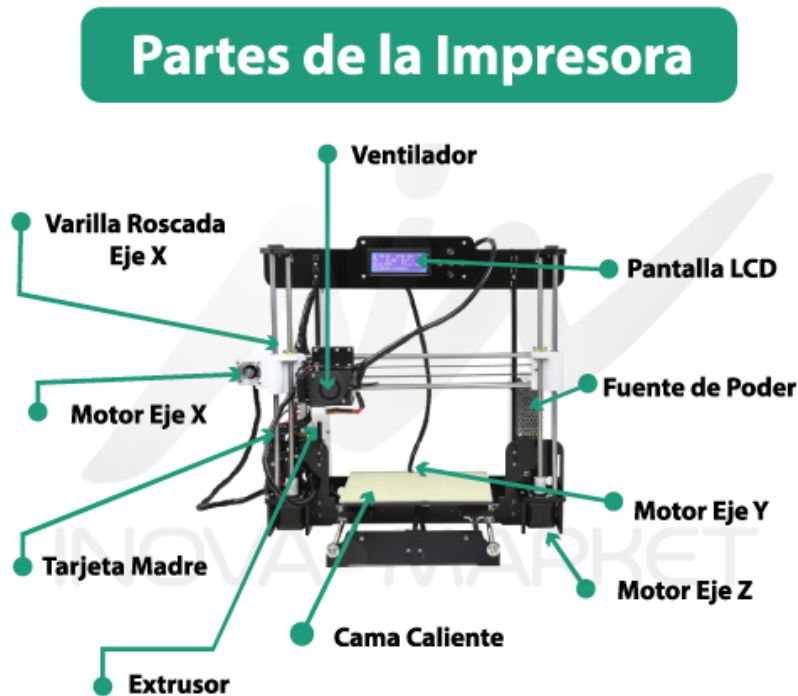


Fuente: Hiemenz, 2014

A nivel mecánico, una impresora 3D posee todas las partes funcionales encargadas del movimiento, como los ejes, motores, etc. La estructura

base de los componentes mecánicos determina la rigidez del sistema y funcionamiento del extrusor de flujo depende del material para imprimir.

Figura 4. Partes de una impresora 3D.



Fuente: Innovamarket, 2018

Los métodos de impresión 3D más utilizados se mencionarán a continuación. En primer lugar, está la impresión por inyección. En este método, la impresora inyecta capas de un fotopolímero líquido en una bandeja de impresión que se endurecen usando luz ultravioleta. Un segundo método de impresión es el modelado por deposición fundida (FDM), en el que se deposita el material fundido de fibras sintéticas capa tras capa, y luego son solidificadas gracias a un láser. El método de estereolitografía (SLA) utiliza resinas líquidas fotopoliméricas u otro material para crear las capas del objeto, posteriormente endurecido por un láser. También posee una base interna que sostiene el modelo y va elevando su nivel de posición (se eleva) mientras la figura es endurecida en sus niveles. Un último método de impresión es la fotopolimerización

por absorción de fotones (SLS), en la que las figuras son creadas por medio de un bloque de gel que se va solidificando en la posición debido a un láser, a través de un proceso de no linealidad óptica de la fotoexcitación. Este método no es dañino para el medio ambiente (López Conde, 2016).

Otros parámetros importantes para comprender la impresión 3D son la resolución en el eje Z, la velocidad de impresión, la temperatura de fusión del material, el porcentaje del relleno, el grosor de los bordes, calibre del filamento. Entre los materiales más utilizados para las piezas impresas de este tipo son, en primer lugar, el PLA (Ácido Poliláctico). Este es un termoplástico comúnmente utilizado para la composición de envases. Es consistente, pero de difícil manipulación pues se solidifica rápidamente.

Figura 5. Conejos abstractos impresos en 3D a base de PLA.



Fuente: Crear 4D, 2018

El material termoplástico más utilizado en la impresión 3D es el ABS (Acrilonitrilo butadieno estireno), por su flexibilidad y resistencia a los golpes. También se usa en la carrocería de autos

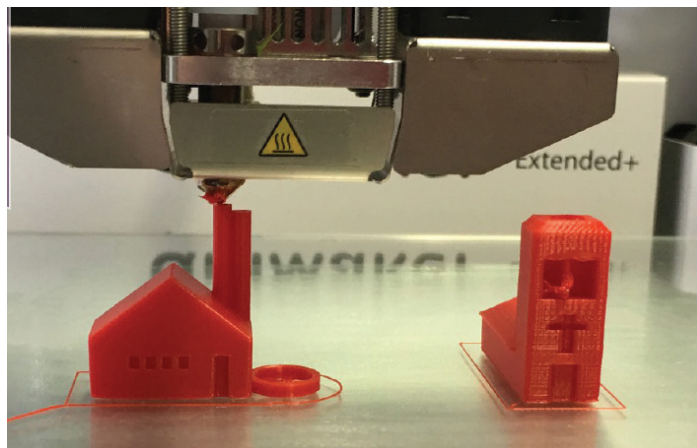
y electrodomésticos. Además del ABS, se usa el PET (Tereftalato de polietileno). Este material es rígido y tiene buena resistencia química y se usa en botellas de plástico desechables.

Figura 6. Spinners impresos con ABS.



Fuente: Crear 4D, 2018

Figura 7. Impresión 3D de figuras para maquetas en PET.



Fuente: Lemus y Ochoa, 2016

En la figura 8, se observa una figura impresa en TPU (Elastómero termoplástico). Este material fusiona las ventajas de los materiales elásticos como las propias gomas. Mientras, en la figura 9, se observa el material Filaflex. Este es un filamento elástico con una base de poliuretano que proporciona flexibilidad.

Figura 8. Pieza 3D impresa con TPU.



Fuente: Formizable (s.f.)

Figura 9. Zapatillas impresas en 3D creadas con el filamento Filaflex.

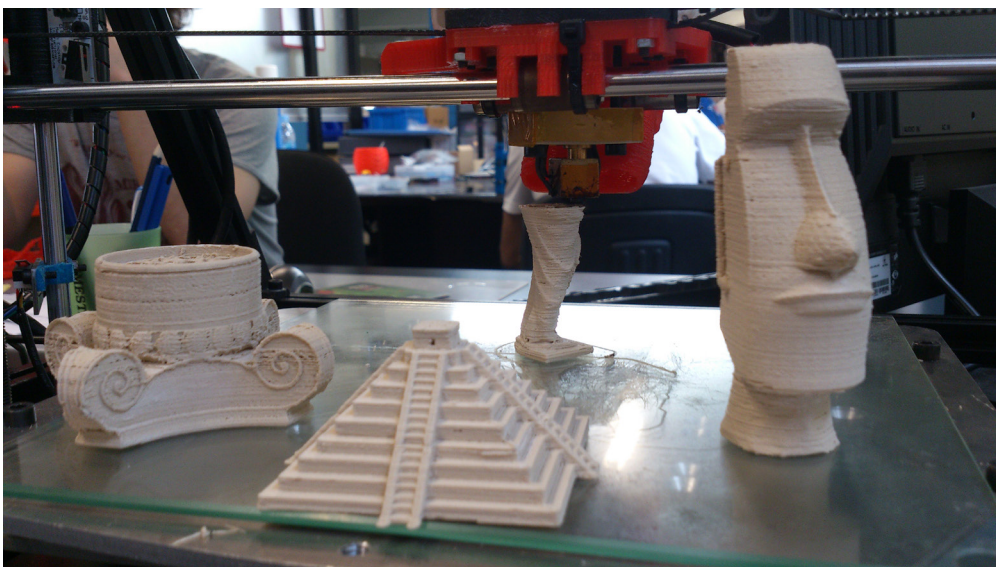


Fuente: Crear 4D, 2019

En la figura 10, se pueden observar impresiones en Laybrick. Este material hace que los objetos tomen un aspecto rocoso y orgánico, que se permite pintar y lijar sin esfuerzo, debido a la mezcla de varios materiales plásticos con yeso. En la

figura 11, se pueden apreciar una impresión en PC (Policarbonato), que posee alta resistencia a la temperatura y es capaz de resistir cualquier deformación física de hasta 150° c y se usa en diversos campos de la ingeniería.

Figura 10. Maravillas del mundo en 3D impresas a base de Laybrick.



Fuente: RepRapBcn, 2013

Figura 11. Pieza impresa en 3D con Policarbonato.

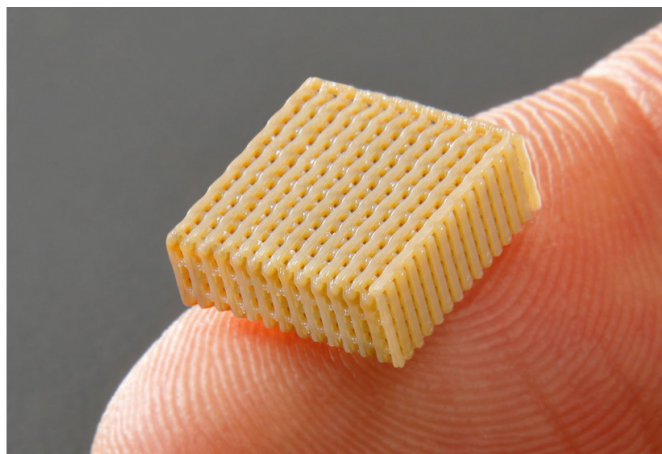


Fuente: Crear 4D, 2019

Los polímeros de alto rendimiento (PEEK, PEKK, ULTEM), observables en la figura 12, son filamentos con una resistencia mecánica y térmica muy alta; fuertes y al mismo tiempo son mucho más ligeros que algunos metales. Por otro lado,

en la figura 12, se ve el PP (Polipropileno), un termoplástico con rigidez y al mismo tiempo con flexibilidad, pero tiene una baja resistencia a los rayos UV.

Figura 12. Fina estructura porosa detallada impresa en PEEK con tecnología 3D.



Fuente: Interempresas, 2019

Figura 13. Estructura 3D impresa con PP.



Fuente: Crear 4D, 2019

Para el caso de la impresión de piezas mecánicas, existen infinitas posibilidades para crear modelos de diseños, al punto de ser capaz de fabricar cualquier tipo de estructura imaginable, mejorar las propiedades mecánicas del sistema, reducir los procesos de ensamblaje y soldadura y maximizar la variedad de tamaños con los diversos enfoques para fabricación en masa.

La innovación en los métodos de estereolitografía ha demostrado que al menos con uno de los métodos de impresión se puede controlar el porcentaje de oxígeno que hay mientras se ejecuta la reacción de fotopolimerización. Por ello, la impresión es 100 veces más veloz. Este método se conoce como CLIP (Liquid Interface para la producción continua) presentada por la empresa Carbon3D de EE.UU (Sánchez, 2017).

La impresión 3D se ha extendido a gran variedad de campos. Por ejemplo, en la mecánica automotriz se realizan prototipos para la evaluación aerodinámica de los autos a elaborar. Por otro lado, la biomecánica ha desarrollado cientos de impresiones de prótesis, órganos y demás; entre las más influyentes están las más accesibles para

pacientes adultos y niños con pocos recursos, ya que es muy difícil cambiar anualmente sus bases ortopédicas. Por ejemplo, la entidad española Ayúdame3D crea y entrega, de forma gratuita, brazos impresos en 3D, a personas con discapacidad, lo que contribuye a una mejor la calidad de vida (Moreno, 2017).

En Colombia, la impresión 3D es utilizada generalmente para la fabricación de material didáctico en pro de facilitar la comprensión de principios básicos, programación, lógica y cálculos, con lo que los estudiantes mejoraron sus procesos de aprendizaje gracias a estos métodos (Rúa y otros, 2018).

En el sector industrial también se ha dado paso a varias alternativas de ingresos, pues se han llegado a construir miles de prototipos para hogares, estructuras, objetos, etc. Este es el caso de la corporación Colombiana Fabrilab, ubicada en la ciudad de Bogotá, que imprime y realiza donaciones de prótesis que necesitan asistencia médica. Esto constituye un aporte social con sus proyectos.

Esta tecnología ha sido la mano derecha de los emprendedores, que pueden hacer los productos de sus negocios de manera más dinámica. Incluso hay empresas dedicadas a crear en físico los diversos modelos digitales enviados por clientes de todo el país, por lo que se ha vuelto una nueva forma de producción masiva (Semana, 2018).

Existen varios factores que implican algunos riesgos a la salud. Un estudio del Instituto de Tecnología de Illinois, EE. UU., indicó que las impresoras 3D expulsan millones de micro-partículas por minuto que pueden llegar a los pulmones o incluso al torrente sanguíneo al momento de la impresión. En cuanto a la contaminación de materiales por químicos, dada la composición de los materiales, algunos plásticos son tóxicos y, si son utilizados para crear objetos que lleguen a experimentar un contacto directo con la comida, es considerado perjudicial para la salud. Por otra parte, una desventaja a nivel de diseño terminado es la imperfección de la figura por partículas de polvo que se adhieren al material para imprimir, agregándole un aspecto rugoso (Gómez, 2017). Estos problemas son solo una porción de las imperfecciones que este método posee, por eso son puntos clave a solucionar y tener en cuenta para el futuro.

Por otro lado, en 2012, un grupo de estudiantes de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) aprovechó una comunicación de software libre que desvelaba los planos de una impresora 3D de escritorio para montar su propia empresa. Esto les abrió el camino hacia los negocios corporativos, gracias a su creación BCN3D. Además, buscaron la manera de añadir una segunda tonalidad de colores a la impresión común. Este modelo fue mejorado tres años después con la impresora Sigma, que duplicó la productividad, contando con la impresión de dos tonos y utilizando dos plásticos diferentes, lo que aumentó las posibles combinaciones de colores en las

creaciones. Ahora sus centros productivos se centran en desarrollar nueva utilería (Contreras, 2019).

Las impresoras a nivel de su estructura también han cambiado, no en su totalidad, como por ejemplo en la impresora 3D a gran escala que ocupa las dimensiones de un edificio de ocho pisos pertenecientes a la Escuela de Ingeniería de Antioquia. Esta impresora es capaz de fabricar piezas de 3 m de alto por 2 m de ancho, en diversas formas inclinadas, incluyendo formas en espiral. Para su elaboración utilizan materiales pesados como cemento y sus derivados, para hacer viviendas, apartamentos y edificios. Esta impresora, tamaño “familiar”, todavía está en fases de prueba desde el 2017 y fue diseñada por la constructora Conconcreto S.A., en la ciudad de Medellín; sus piezas provienen de Alemania e Italia (Portafolio, 2017).

De igual manera, en la categoría de aplicaciones en la aeronáutica, se encuentra un prototipo que está desarrollando la NASA. Este proyecto se basa en la creación de un motor para un cohete hecho en un 75 % de piezas impresas en 3D con ayuda de un modelo especial. Su proceso de diseño no fue sencillo, ya que, al plantear la composición interna del motor, aumentó el grado de complejidad por lo que cada componente tuvo que ser diseñado y construido de manera individual, con un mecanismo basado en capas de polvo metálico unidas por un láser. Sus piezas se están elaborando con el fin de que el motor sea capaz de producir la fuerza de empuje suficiente para que el cohete pueda aterrizar en Marte, puesto que esta organización está en la busca continua de vida en otros planetas o ya sea solo para conocer el entorno del “planeta rojo”, y mediante este cohete quieren contribuir a la investigación (Perry, 2015).

En la rama de la fisioterapia, estudiantes de la Universidad Pedagógica de Duitama

desarrollaron una prótesis para pacientes en rehabilitación con lesiones en las vértebras. Ya planteada la necesidad de brindar un mejor servicio en la terapia, decidieron que, para cumplir con los estándares de calidad y eliminar la incomodidad por los tradicionales diseños para tratar esta clase de lesión tan delicada, era necesario recurrir al diseño en 3D, ya que posee una gran variedad de propiedades mecánicas y optimiza el proceso de recuperación para las personas. La estructura fue hecha con una cubierta de acero aislada en materiales poliméricos, que logra que quienes usen esta prótesis puedan estar de pie y lleguen a caminar con toda la facilidad (Pirabaguen y otros, 2019).

La impresión 3D también ha sido usada para reducir el impacto ambiental. Un estudio determinó que entre los años 2016 y 2017, debido al aumento de la temperatura del agua, se afectó la Gran Barrera de Coral en un 30%. Por esta razón, algunos científicos de distintas universidades israelíes decidieron intervenir para que no siguieran presentándose este tipo de catástrofes en las barreras de corales. Ellos hicieron pruebas en la costa de Eliat y el golfo de Suez, en donde se practican el submarinismo y el snorkel. Estas actividades contribuyen a la degradación de dichas barreras de coral, que tienen la función de proteger las costas de la erosión, al mismo tiempo de servir de hábitat de varias especies marinas. El estudio detectó que las estructuras

afectadas no se pueden regenerar naturalmente, por lo que se llevaron a cabo varios estudios para implementar métodos que contribuyeran a la recuperación de las barreras de coral. De ahí surgieron modelos complejos impresos en 3D con el uso de bioplásticos a base de caña de azúcar y maíz, con el fin de imitar la naturaleza submarina, para que atraiga diversas especies de peces, que son los que contribuyen a que se regeneren naturalmente, haciendo una especie de vivero para peces (Bejerano, 2019).

Por todos los avances presentados, se proyecta que en un futuro cercano la impresión 3D genere un impacto directo en diversos campos, como la robótica, la nanotecnología, biotecnología, el sector industrial, automotriz, doméstico, educacional, alimenticio e incluso de la moda. Sin embargo, aún se deben superar las diversas limitaciones actuales, como la velocidad de impresión, el aprovechamiento y exploración de materiales en el entorno para imprimir, procesos de ensamblaje y demás, para poder transformar y facilitar los procesos que se llevan ejecutando tradicionalmente. Respecto a esto, el informe *The Future of Jobs*, publicado por el World Economic Forum, asegura que este tipo de revoluciones afectan a los mercados laborales, a la generación de nuevo empleo y a la necesidad de poseer o adquirir habilidades diferentes para acoplarse al nuevo mundo (Fernández, 2019).

Conclusiones

A pesar de que en décadas pasadas la impresión 3D era un privilegio, porque no todos tenían acceso, ni conocían su funcionamiento a fondo, hoy en día, gracias al avance tecnológico, es considerada al alcance de todos y para todos, porque se pueden conocer los métodos utilizados para imprimir y luego transformarlos, plasmar

ideas e intercambiarlas con las demás personas que interactúan en estas redes de la fabricación digital de piezas.

Cada vez hay más evoluciones en las bases, experimentando con los nuevos materiales de impresión, el renderizado 3D, y sobre todo el grado

de libertad para traer a la realidad todo lo que un individuo se imagine, para contextualizarlo con la realidad, solucionar problemas o solo por pasatiempo. Esta tecnología es una nueva

oportunidad para expandir los límites de las tres dimensiones e incluso conocer a las demás que acompañan las tres primeras.

Referencias

- Bejerano, P. (3 de septiembre de 2019). Impresión 3D para ayudar a recuperar las barreras de coral [entrada de blog]. Recuperado de <https://bit.ly/3hDMuke>
- CAD Perú (2018) Filamentos 3D: Tipos y Aplicaciones. Corporación CAD Perú. Recuperado de <https://www.3dcadperu.com/2018/09/08/filamentos-en-la-impresi%C3%B3n-3d/>
- Contreras, L. (10 de septiembre de 2019). Lab 3Dnatives: Test de la impresora 3D Sigma R19 de BCN3D. 3Dnatives. Recuperado de <https://www.3dnatives.com/es/test-impresora-sigma-r19-bcn3d-100920192/#!>
- Fernández, T. (7 de mayo de 2019). Impresor 3D, el pionero de un futuro que ya es real. Expansión. Recuperado de <https://www.expansion.com/pymes/2019/05/07/5ccffedeca-4741d11b8b456f.html>
- Formizable (s.f.). Filamento TPU: Explicado y Comparado. Recuperado de: <https://formizable.com/filamento-tpu-explicado-y-comparado/>
- Gómez Reyes, L. (2017). Análisis documental de los inconvenientes de la impresión 3D. 3C Tecnología, 6(3), 48-53.
- Hiemenz, J. (2014). La impresión 3d Con Fdm: ¿Cómo funciona?. Pixel Sistemas. Recuperado de <https://caminstech.upc.edu/sites/default/files/FDM I - Tecnologia.pdf>
- Innovamarket (2018). Impresora 3D Anet-a8. Recuperado de <https://www.inovamarket.com/2018/03/24/impresora-3d-anet-a8/infografiafb-16/>
- Interempresas. (19 de marzo de 2019). Victrex y Bond, pioneros en la impresión en 3D de piezas PAEK con el máximo rendimiento. Impresión 3D - Fabricación Adictiva. Recuperado de <https://www.interempresas.net/Fabricacion-aditiva/Articulos/240314-Victrex-y-Bond-pioneros-en-la-impresion-en-3D-de-piezas-PAEK-con-el-maximo-rendimiento.html>
- Lemus, M. y Ochoa, J. (2016). Impresión 3D con PET. Sabermás Revista de Divulgación. Año 5, No. 30. Recuperado de <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/tecnologia/262-numero-30/472-impresion-3d-con-pet.html>

- López, J. M. (28 de abril de 2019). La primera impresora 3D: convirtiendo píxeles en materia. Hipertextual. Recuperado de <https://hipertextual.com/2019/04/primera-impresora-3d>
- López Conde, J. (2016). Nota de futuro 2/2016 - Impresoras 3D. Centro de análisis y perspectiva Gabinete técnico de la Guardia Civil. Recuperado de https://intranet.bibliotecasgc.bage.es/intranet-tmpl/prog/local_repository/documents/17854.pdf
- MakerBot (2019). Makerbot Nylon. Recuperado de <https://www.makerbot.com/es/3d-printers/materials/method-nylon/>
- Meneses, J, Rubio, H., y Corral, E. (2018). Modelado E Impresión 3D De Engranajes De Transmisión Rotación-Helicoidal, *Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica*, 22(2).
- Moreno, I., y Serracín, P. (2017). Impresora 3D, *El Tecnológico*, 27(1), 26.
- Perry, Y. (2015). NASA construye motor de cohete impreso en 3D. FayerWayer. Recuperado de <https://www.fayerwayer.com/2015/12/nasa-construye-motor-de-cohete-impreso-en-3d/>
- Pirabaguen-Hernández, H., Gómez-Pachón, E., Moreno, J., Mérida-Gómez, S., Riaño-Díaz, J., Cardenas-Arevalo, C., Archila-Cordero, A. y Puerto, H. (29 de octubre de 2019). Desarrollo de un aparato ortopédico para tratamientos de terapia física, *Informador Tecnico*, 83(2).
- Portafolio (octubre 2017). Lanzan el primer prototipo de vivienda construida con una impresora 3D. *Revista Portafolio digital*. Recuperado de <https://www.portafolio.co/mis-finanzas/vivienda/primer-prototipo-de-vivienda-construida-con-una-impresora-3d-510906>
- RepRapBcn (2013). Testeando el LAYBRICK. Recuperado de <https://repprapbcn.wordpress.com/2013/07/04/testeando-el-laybrick/>
- Rua, E, Jiménez, F, Gutiérrez, A. y Villamizar, N. (2018). 3D Printing as a Didactic Tool for Teaching some Engineering and Design Concepts. *Ingeniería*; 23(1), 70-83.
- Sánchez, S. (2017). SLA: Impresión 3D por estereolitografía, ¿te explicamos todo! 3DNatives. Recuperado de <https://www.3dnatives.com/es/impresion-3d-por-estereolitografia-les-explicamos-todo/#!>
- Semana. (9 de agosto de 2018). La impresión 3D se abre mercado con fuerza en Colombia. *Tecnología*. Sánchez. *Revista Semana*. Recuperado de <https://www.semana.com/empresas/articulo/casos-de-impresion-3d-en-colombia/260785/>
- Torres, E. y León, J. (2012). Positioning system applied to the 3D printing technique: modeling by fused deposition, *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 3(1).